

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 39 19 962 C 2

⑤① Int. Cl. 5:
G 06 F 11/16

- ②① Aktenzeichen: P 39 19 962.2-53
②② Anmeldetag: 19. 6. 89
④③ Offenlegungstag: 20. 12. 90
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 20. 6. 91

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

- ⑦③ Patentinhaber:
Richard Hirschmann GmbH & Co, 7300 Esslingen, DE

⑦④ Vertreter:
Wagner, K., Dipl.-Ing.; Geyer, U., Dipl.-Phys.
Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 8000 München

- ⑦⑦ Erfinder:
Schenkyr, Rainer, 7313 Reichenbach, DE; Schmid,
Bernhard, 7000 Stuttgart, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:
DUFF M.L. et al, Automatic line fault detection and
bypassing, in: IBM Technical Disclosure Bulletin
Vol.23, No.7B, Dezember 1980, S.3185 u. 3186;
KAUFHOLD, B., Überblick zur Funktionssicherung in
Ring- und Liniennetzen, Teil 1: Techniken der
Funktionssicherung, in: Nachrichtentechnik,
Elektronik 5, 1986, S.168-171;
KAUFHOLD, B., LIBBERTZ, K.S., Überblick zur
Funktionssicherung in Ring- und Liniennetzen, Teil 2:
Funktionssichere LAN, in: Nachrichten- technik,
Elektronik, 6, 1986, S.216-219;
Lackner Hans. Spezifikationsmethode für
Übertragungsfunktionen in lokalen Netzen, in:
DATACOM 3/88, S. 81-87;

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Sicherung der Datenübertragung in einem linearen Rechnernetz

DE 39 19 962 C 2

DE 39 19 962 C 2

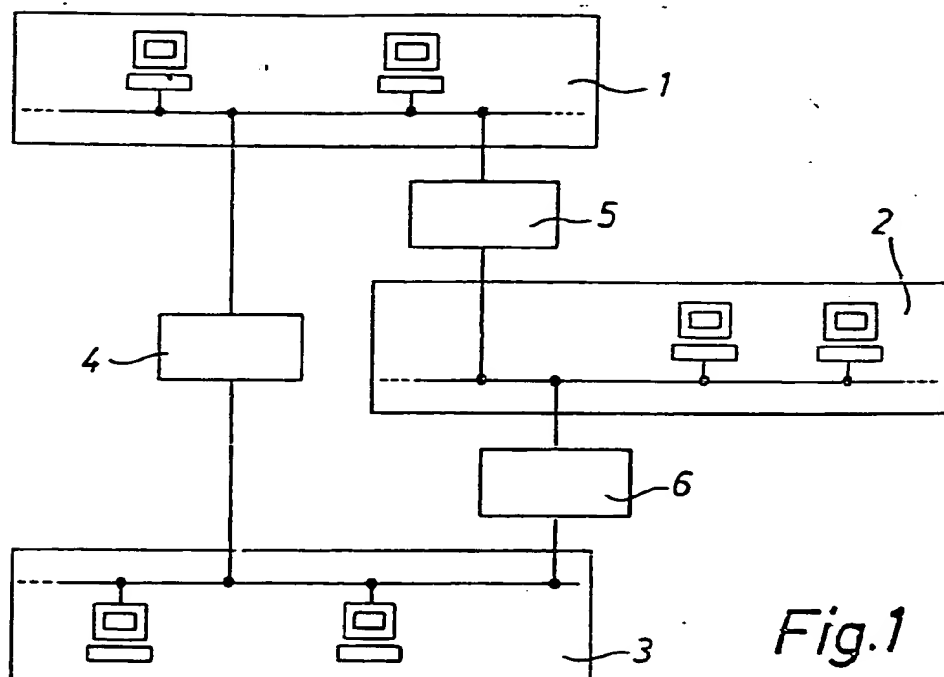


Fig. 1

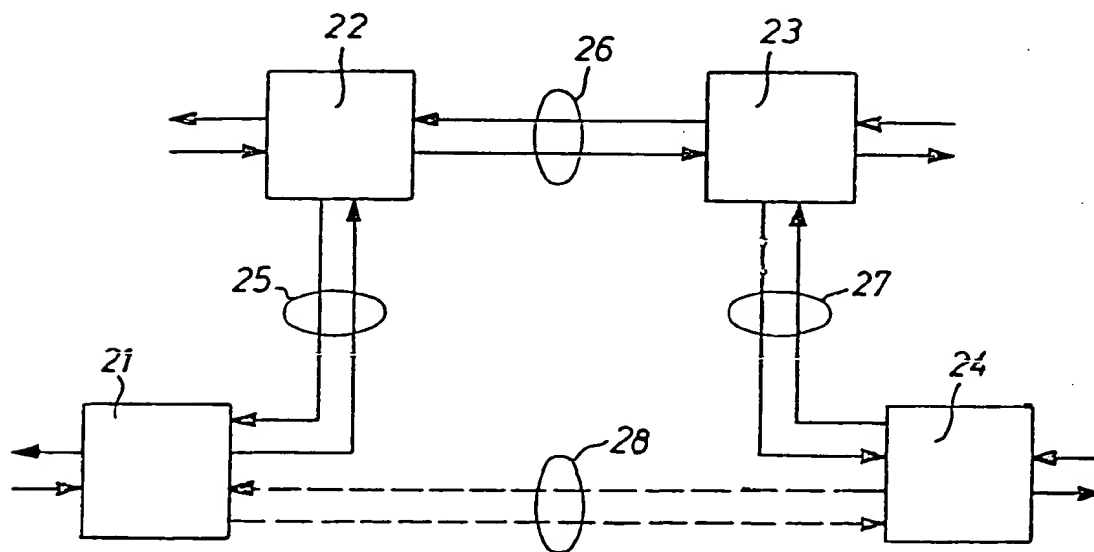


Fig. 2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Sicherung der Datenübertragung in einem linearen Rechnernetz gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bzw. 17.

In "DATACOM" 1988, Heft 3, Seiten 81 bis 87, sind Vernetzungsverfahren zur Verbindung lokaler Netzwerke für Rechner beschrieben. In lokalen Netzwerksystemen nach der IEEE 802.3- oder der Ethernet-Norm werden vorzugsweise sogenannte Bridges als Kopplungsschaltungen verwendet. Da derartige Bridges die Ziel- und Quellenadresse jedes Pakets analysieren, erkennen sie, wenn eine Bridge- oder eine Leitung im Netzwerksystem ausfällt, oder unterbrochen ist und andere Bridges übernehmen dann die Datenübertragung. Auf Grund der Ziel- und Quellenadressen-Analyse durch die Bridges können sie auch feststellen, wenn eine zunächst ausgefallene Bridge wieder ihre Arbeit aufgenommen hat und dadurch innerhalb des Netzwerksystems eine Ringverbindung auftritt, die zu Fehlern führt. Bei Erkennen einer solchen Ringverbindung sind die Bridges in der Lage, die Ringverbindung aufzulösen.

In Fig. 1 ist ein derartiges, lokale Bridges verwendendes Rechnernetz für lokale Netzwerke schematisch dargestellt. Die Einzelrechner umfassenden Netzwerksegmente 1, 2 und 3 sind über lokale Bridges 4, 5 und 6 miteinander verbunden. Bei Ausfall einer der lokalen Bridges 4, 5 oder 6 bzw. einer damit verbundenen Leitung übernehmen die verbleibenden Bridges die Datenübertragung, so daß auch bei einem Leitungsausfall im Rechnernetz die Datenübertragung sichergestellt ist. Nach Wiederherstellung der ausgefallenen Leitungsverbindung kann über die lokalen Bridges 4, 5 und 6 eine Ringverbindung entstehen, die unterbunden werden muß. Auf Grund ihrer umfangreichen und komplizierten Schaltungstechnik sind die Bridges — wie bereits erwähnt — jedoch in der Lage, eine derartige Ringverbindung zu erkennen und den Ringtransport zu unterbrechen. Beispielsweise werden in diesem Falle Daten vom Netzwerksegment 1 nur über einen Verbindungsweg, beispielsweise nur über die lokale Bridge 4 und nicht über die lokalen Bridges 5 und 6 übertragen. Wie bereits erwähnt, ist der Einsatz derartiger lokaler Bridges auf Grund des hohen Hard- und Softwareaufwands häufig und insbesondere beim Aufbau kleinerer Rechnernetze nicht geeignet oder nicht wünschenswert.

Fig. 2 zeigt eine weitere bekannte Ausführungsform eines Rechnernetzes, bei dem in einem mit Lichtwellenleitern aufgebauten optischen Netzwerk aktive Sternkoppler 21, 22, 23 und 24 vorgesehen sind, an die jeweils Teilnehmer angeschlossen sind. Die Sternkoppler 21, 22, 23 und 24 sind über Lichtwellenleiter jeweils mit ihren benachbarten Sternkopplern verbunden, wie dies durch die Leitungen 25, 26 und 27 dargestellt ist. Auf den Verbindungsleitungen werden zwischen den zu übertragenden Datensignalen bzw. Datenpaketen Leer- oder IDLE-Signale zur Leitungsüberwachung übertragen. Fällt nun ein IDLE-Signal auf Grund einer Unterbrechung der Verbindungsleitungen 25 oder 27 entweder im Sternkoppler 21 oder 24 aus, so können die Daten über eine redundante Strecke 28 übertragen werden und das Rechnernetz arbeitet wieder vorschriftsmäßig.

Die Verwendung redundanter Strecken im Rechnernetz zur redundanten Übertragung von Daten bei Ausfall einer Verbindungsleitung oder eines Sternkopplers im Rechnernetz ist jedoch nur begrenzt möglich, wie dies beispielsweise bei einer Punkt-zu-Punkt-Verbin-

dung oder einer Verbindung der Fall ist, bei der nur höchstens ein Sternkoppler zwischen zwei weiteren Sternkopplern liegt.

Fällt bei dem in Fig. 2 dargestellten Beispiel etwa die Verbindungsleitung 26 zwischen den Sternkopplern 22 und 23 aus, so kann das Vorhandensein der redundanten Strecke 28 diesen Fehler nicht kompensieren, da die Sternkoppler 21 und 24 diesen Zustand nicht erkennen können und damit auch nicht in der Lage sind, die redundante Strecke 28 durchzuschalten.

Aus Nachrichtentechn., Elektron., 5/1985, S. 168 bis 171 und 6/1986, S. 216 bis 219 sind redundante Einrichtungen in Zusammenhang mit den dort beschriebenen Liniennetzen bzw. Bus-Systemen vorgesehen, um bei einem Kabelbruch die Funktion des Liniennetzes aufrechtzuerhalten. Bei diesen bekannten Anordnungen sind keine Vorkehrungen getroffen, wie ein Kabelbruch oder eine sonstige Unterbrechung des Netzes erkannt wird, und es sind insbesondere auch keine Möglichkeiten vorgesehen, die im Falle einer Unterbrechung durchgeschaltete redundante Verbindung wieder außer Funktion zu setzen, wenn die Störung aufgehoben ist.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit dem es nicht nur möglich ist, eine Unterbrechung im Rechnernetz mit einer redundanten Verbindungseinrichtung zu überbrücken, sondern auch eine Aufhebung der redundanten Verbindung durchzuführen und eine Ringverbindung zu vermeiden, wenn die Unterbrechung nicht mehr vorhanden ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die an sich bekannte redundante Verbindungseinrichtung prüft, ob an ihren beiden mit dem Rechnernetz verbundenen Anschlüssen ein übertragenes Datensignal innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums gleichzeitig auftritt und abhängig von dem Ergebnis der Prüfung die redundante Verbindungseinrichtung entweder aktiviert oder deaktiviert wird. Aufgrund der Prüfung, ob ein gleichzeitiges Auftreten von Datensignalen innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums an den mit dem Vernetzungssystem verbundenen Anschlüssen der redundanten Verbindungseinrichtung vorliegt oder nicht, ist es nicht nur möglich, die redundante Verbindungseinrichtung im Falle einer Unterbrechung zu aktivieren, sondern sie auch für den Fall außer Funktion zu setzen, daß die Unterbrechung wieder aufgehoben wird. Dadurch wird sichergestellt, daß keine Ringverbindung entsteht. Ein geschlossener Ring würde nämlich bedeuten, daß die von einem Teilnehmer abgegebenen Datenpakete umlaufen würden. Dadurch wäre eine Übertragung nach dem CSMA/CD-Verfahren mit richtigem Zugriff auf das Rechnersystem unmöglich.

Aus IBM-TDB 12/80, S. 3185 und 3186 ist ein Ringnetz, z. B. ein Token-Ring-Netzwerk nach IEEE 802.5 bekannt. Das Netzwerk ist hierbei also von vorneherein als Ringstruktur ausgebildet. Das erfindungsgemäße Verfahren bildet jedoch keine Ringstruktur, auch dann nicht, wenn eine redundante Verbindung aktiv ist. Denn in diesem Falle besteht eine Unterbrechung an einer anderen Stelle des linearen Netzwerks, so daß auch dann keine Ringstruktur auftritt. Bei Netzwerken mit CSMA/CD-Zugriffsverfahren darf auch aus dem besagten Grund zu keiner Zeit eine Ringstruktur vorliegen. Bei dem bekannten Ringnetz wird eine Leitungsunterbrechung ausschließlich durch das Fehlen eines Empfangssignals an einem Empfänger erkannt. Diese Anordnung entspricht also im wesentlichen dem in Zusammenhang mit Fig. 2 beschriebenen Stand der Technik.

Vorzugsweise wird die redundante Verbindungseinrichtung aktiviert, wenn an ihren beiden Anschlüssen ein Datensignal nicht innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums gleichzeitig auftritt. Die redundante Verbindungseinrichtung wird dagegen in den inaktiven Zustand versetzt, wenn an ihren beiden Anschlüssen ein Datensignal innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums gleichzeitig auftritt. Liegt nämlich gleichzeitig an beiden Anschlüssen ein Datensignal an, bedeutet dies, daß das Datensignal von einem beliebigen Knotenpunkt aus über beide Netzwerkverbindungen an die redundante Verbindungseinrichtung gelangt. Dies ist jedoch gleichbedeutend damit, daß im Rechnernetz keine Unterbrechungen auftreten. In diesem Falle wird also die redundante Strecke der redundanten Verbindungseinrichtung unterbrochen, wodurch sichergestellt ist, daß keine Ringverbindung entsteht. Tritt dagegen innerhalb eines vorgegebenen Zeitraumes nur an einem Anschluß der redundanten Verbindungseinrichtung ein Datensignal auf, bedeutet dies, daß das an einem beliebigen Knotenpunkt eingespeiste Datensignal von diesem nur in einer Richtung transportiert wird, wogegen in der anderen Richtung eine Unterbrechung vorliegen muß. In diesem Falle wird die redundante Strecke der redundanten Verbindungseinrichtung durchgeschaltet und das Rechnernetz arbeitet wieder in einwandfreiem Zustand.

Vorteilhaft ist es dabei, den vorgegebenen Zeitraum, während dem ein Datensignal an den beiden mit dem Rechnernetz verbundenen Anschlüssen der redundanten Verbindungseinrichtung gleichzeitig auftritt, größer als den größten Laufzeitversatz eines Datensignals im Rechnernetz zu wählen. Damit ist sichergestellt, daß ein Datensignal bzw. ein Datenpaket, das an einer beliebigen Stelle des Rechnernetzes eingespeist wurde, innerhalb des vorgegebenen Zeitraums an beiden Anschlüssen der redundanten Verbindungseinrichtung angekommen ist. Eine Unterbrechung im Rechnernetz liegt daher nicht vor und die redundante Strecke der redundanten Verbindungseinrichtung kann in den nicht-leitenden Zustand gebracht bzw. gehalten werden. Bei Verwendung eines CSMA/CD-(Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)-Verfahrens ist der vorgegebene Zeitraum vorzugsweise größer als die Zeitdauer gewählt, die der Hälfte der kleinsten zulässigen Paketlänge entspricht. Dieses Kriterium ist besonders vorteilhaft, weil das CSMA/CD-Zugriffsverfahren so konzipiert ist, daß ein Mehrfachzugriff auf das Verfahren durch mehrere Teilnehmer gleichzeitig überall im Netzwerk erkannt werden muß, was dann sichergestellt ist, wenn die Forderung dieses Zugriffsverfahrens eingehalten wird, daß nämlich die größte Laufzeit zwischen zwei beliebigen Teilnehmern nicht größer als die Zeitdauer sein darf, die der Hälfte der kleinsten zulässigen Paketlänge entspricht. Wenn im Rechnernetz also keine Unterbrechung auftritt, muß auf Grund der genannten Forderung dieses Zugriffsverfahrens innerhalb einer Zeitdauer, die der Hälfte der kleinsten zulässigen Paketlänge entspricht, von beiden Seiten her ein Datensignal an der redundanten Verbindungseinrichtung auftreten.

Eine weitere alternative oder zusätzliche Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß die redundante Verbindungseinrichtung prüft, ob ein Datensignal länger als die dem größten zulässigen Datenpaket entsprechende Zeitdauer ist. Wenn das der Fall ist, bedeutet dies, daß ein Datenpaket im Rechnernetz innerhalb einer geschlossenen Ringverbindung umlaufen muß. Eine weitere Ausführungsform der Erfindung im Zusammenhang mit dieser Prüfung besteht

darin, daß die redundante Verbindungseinrichtung deaktiviert, die redundante Strecke also unterbrochen wird, wenn festgestellt wird, daß das Datensignal länger als die dem größten zulässigen Datenpaket entsprechende Zeitdauer ist. Damit wird sichergestellt, daß ein geschlossener Verbindungsring aufgehoben wird, der beispielsweise dann entsteht, wenn nach einer vorausgegangenen Unterbrechung im Rechnernetz diese Unterbrechung wieder beseitigt wurde.

Für den umgekehrten Fall, wenn also ein Datensignal von der redundanten Verbindungseinrichtung festgestellt wurde, das kürzer als die dem größten zulässigen Datenpaket entsprechende Zeitdauer ist, ist dies ein Hinweis darauf, daß keine Unterbrechungen im Rechnernetz vorliegen, so daß die redundante Strecke der redundanten Verbindungseinrichtung unterbrochen sein bzw. bleiben kann.

Besonders vorteilhaft ist es weiterhin, wenn die redundante Verbindungseinrichtung ermittelt, ob ein Datensignal kürzer als die dem kleinsten zulässigen Datenpaket entsprechende Zeitdauer ist. Durch Kollisionen, fehlerhafte, am Netz angeschlossene Datenstationen oder sonstige Störungen können im Rechnernetz Datenpaket-Fragmente auftreten, deren Zeitdauer kürzer als die dem kleinsten zulässigen Datenpaket entsprechende Zeitdauer ist. Es ist daher möglich, daß diese Datenpaket-Fragmente an den Anschlüssen der redundanten Verbindungseinrichtung nicht gleichzeitig auftreten, so daß diese einen geschlossenen Ring nicht erkennen kann. Dieser Tatsache trägt die letztgenannte Ausführungsform Rechnung, die kürzere Datensignale als die dem kleinsten zulässigen Datenpaket entsprechende Zeitdauer ermittelt. Gemäß einer weiteren damit zusammenhängenden Ausführungsform der Erfindung wird die redundante Verbindungseinrichtung deaktiviert, deren redundante Strecke also abgeschaltet, wenn eine vorgegebene Anzahl an derartigen Datenpaket-Fragmenten auftritt. Vorteilhaft ist es dabei, wenn die vorgegebene Anzahl an Datenpaket-Fragmenten einstellbar ist.

Eine weitere sehr vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung besteht darin, daß die redundante Verbindungseinrichtung ermittelt, ob im Rechnernetz eine Datensignalkollision vorliegt. Eine solche ist dann gegeben, wenn gleichzeitig ein Datensignal-Sendevorgang und ein Datensignal-Empfangsvorgang stattfindet. Wenn eine vorgegebene Anzahl an Datensignalkollisionen festgestellt wurde, wird die redundante Verbindungseinrichtung deaktiviert, der geschlossene Verbindungsring also unterbrochen. Auf diese Weise ist es wiederum möglich, durch ein weiteres Kriterium sicherzustellen, daß kein geschlossener Ring im Rechnernetz auftritt.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird die redundante Verbindungseinrichtung dagegen aktiviert, die redundante Verbindungsstrecke also durchgeschaltet, wenn innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums keine Datensignalkollisionen ermittelt werden, was ein Hinweis darauf ist, daß im Rechnernetz an irgendeiner Stelle eine Unterbrechung vorliegt.

Gemäß einer sehr vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ermittelt die redundante Verbindungseinrichtung, ob die Dauer von Datensignalkollisionen größer als ein vorgegebener Zeitraum ist.

Bei dem CSMA/CD-Zugriffsverfahren kann im ungestörten Betrieb, also ohne Auftreten einer Unterbrechung im Rechnernetz, die Dauer einer Kollision die der Hälfte der kleinsten zulässigen Paketlänge entsprechende Zeitdauer nicht überschreiten, weil die an einer Koll-

sion beteiligten Datenstationen ihren Sendeversuch einstellen, nachdem sie die Kollision erkannt haben.

Besteht dagegen in einem Rechnernetz ein geschlossener Verbindungsring, können Datenpakete gegenläufig umlaufen und dadurch Kollisionen mit einer Dauer erzeugen, die über der bei fehlerfreiem Betrieb auftretenden maximalen Kollisionsdauer liegt. Gemäß der letztgenannten Ausführungsform wird daher die Dauer von Datensignalkollisionen ermittelt, die größer als ein vorgegebener Zeitraum, vorzugsweise größer als die halbe Dauer des kleinsten zulässigen Datenpakets und im Falle der Verwendung des CSMA/CD-Verfahrens größer als 25 μ s ist. Tritt eine derartige überlange Kollision auf, weist dies auf eine geschlossene Ringverbindung hin, so daß die redundante Verbindungseinrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform in diesem Falle deaktiviert, die redundante Strecke also unterbrochen wird.

Die gestellte Aufgabe wird insbesondere auch durch eine Anordnung zur Sicherung der Datenübertragung in einem Rechnernetz mit einer redundanten Verbindungseinrichtung unter Verwendung der kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 17 gelöst. Wiederum treten dabei die bereits erwähnten Vorteile auf, daß nämlich bei einem beliebig gestalteten Rechnernetz Unterbrechungen, die durch Leitungs- oder Knotenpunktausfälle oder sonstige Störungen auftreten können, den sicheren und zuverlässigen Einsatz von Rechnernetzen nicht beeinträchtigen.

Besonders vorteilhaft ist die Ausführungsform, bei der die redundante Verbindungseinrichtung in den inaktiven Zustand umgeschaltet wird, wenn sie keine Unterbrechung ermittelt. Dies bedeutet, daß dann, wenn eine vorausgegangene Unterbrechung — welcher Art auch immer — im Rechnernetz aufgehoben wurde, keine geschlossene Ringverbindung auftritt, die zu Fehlfunktionen im Netz führt.

Vorteilhafterweise ist die redundante Verbindungseinrichtung zwischen zwei Knotenpunkten eines Rechnernetzes vorgesehen, wobei auch mehr als eine redundante Verbindungseinrichtung im Rechnernetz eingesetzt werden können.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung besteht die redundante Verbindungseinrichtung aus zwei durch eine redundante Verbindungsstrecke untereinander verbundenen Interface-Karten.

Vorteilhaft ist es dabei, wenn die jeweilige redundante Interface-Karte bei Aktivierung der redundanten Verbindungseinrichtung in den segmentierten Zustand und bei Deaktivierung der redundanten Verbindungseinrichtung in den nicht-segmentierten Zustand versetzt ist.

Vorzugsweise weist die redundante Verbindungseinrichtung einen Watch-Dog-Timer auf, der die Dauer eines empfangenen und/oder gesendeten Datensignals feststellt. Ein derartiger Watch-Dog-Timer kann zur Überwachung und Feststellung der Datenpaket-Dauer entsprechend den vorausgegangenen Ausführungen eingesetzt werden.

Die redundante Verbindungseinrichtung weist vorzugsweise eine Fragment-Erkennungsschaltung auf, die Datensignale feststellt, deren Dauer kleiner als die kleinste zulässige Datensignallänge ist.

Vorteilhaft ist es weiterhin, wenn die redundante Verbindungseinrichtung eine Kollisions-Erkennungsschaltung aufweist, die einen Mehrfachzugriff der Rechner- und/oder Rechnernetzwerke auf das Rechnernetz ermittelt. Die Ausgangssignale der Kollisions-Erken-

nungsschaltung können wiederum zur Aktivierung und/oder Deaktivierung der redundanten Verbindungseinrichtung, d. h. zur Durchschaltung oder Unterbrechung der redundanten Strecke verwendet werden.

Die redundante Verbindungseinrichtung weist vorzugsweise zusätzlich zu den genannten übrigen Schaltungsteilen eine Kollisionsdauer-Erkennungsschaltung auf, die die Dauer der Kollision ermittelt. Bei Vorliegen eines Ausgangssignals der Kollisionsdauer-Erkennungsschaltung wird dann die redundante Verbindungsstrecke der redundanten Verbindungseinrichtung in den nicht-leitenden Zustand versetzt.

Vorteilhaft ist es weiterhin, wenn die redundante Verbindungseinrichtung eine Freigabeschaltung aufweist, die die Segmentierung der redundanten Verbindungseinrichtung aufhebt, wenn ein Datenpaket von mindestens 51,2 μ s Dauer kollisionsfrei empfangen oder gesendet wurde.

Die redundante Verbindungseinrichtung kann an einer beliebigen Stelle im Rechnernetz, beispielsweise zwischen beliebigen Rechnern, Rechnernetzwerken, die zu einem Rechnernetz vernetzt sind, und/oder Koppplungsschaltungen vorgesehen sein. Es ist weiterhin vorteilhaft, wenigstens zwei redundante Verbindungen in einem Netz vorzusehen.

Gemäß einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird ein Hauptverbindungsweg der Verbindungseinrichtung zum Aktivieren bzw. Deaktivieren derselben in den leitenden bzw. in den nicht leitenden Zustand versetzt.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnungen beispielsweise näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines herkömmlichen Rechnernetzes von Netzwerksegmenten unter Verwendung von Bridges;

Fig. 2 ein herkömmliches Rechnernetz mit aktiven Sternkopplern und Lichtwellenleitern unter Verwendung einer redundanten Strecke;

Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Rechnernetzes im Zusammenhang mit einem optischen Netzwerk;

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen redundanten Verbindungseinrichtung, und

Fig. 5 ein schematisches Blockschaltbild, welches ein Schaltungsbeispiel für die redundante Verbindungseinrichtung wiedergibt.

In Fig. 3 ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. des erfindungsgemäßen Rechnernetzes schematisch im Zusammenhang mit einem optischen Netzwerk mit aktiven Sternkopplern wiedergegeben. Selbstverständlich kann das erfindungsgemäße Verfahren auch bei anderen Netzwerken und Vernetzungen eingesetzt werden.

Sternkoppler 31, 32, 33, 34 und 35 sind in der dargestellten Weise über Verbindungsleitungen 36, 37, 38, 39 miteinander in Reihe verbunden. Die Verbindungsleitungen 36, 37, 38 und 39 umfassen jeweils wenigstens zwei Leitungen für das Übertragen von Datensignalen, im nachfolgenden auch mit Datenpaketen bezeichnet, in Richtung und Gegenrichtung. Die einzelnen Sternkoppler sind mit Teilnehmern oder Datenstationen verbunden, wie dies schematisch für den Sternkoppler 32 in Fig. 3 angedeutet ist. Zwischen dem Sternkoppler 31 und 35 befindet sich eine redundante Verbindungseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung, die die Sternkoppler 31 und 35 — wie dies im weiteren noch erläutert wird — wahlweise verbindet.

Bei nicht vorhandener redundanter Verbindungseinrichtung 40 bzw. bei inaktiver, d. h. nicht-leitender Verbindung zwischen den Sternkopplern 31 und 35 werden Datensignale, die beispielsweise von einem mit dem Sternkoppler 32 verbundenen Teilnehmer abgesandt werden, über die Verbindungsleitung 36 zum Sternkoppler 31 und über die Verbindungsleitung 37 zum Sternkoppler 33, weiter über die Verbindungsleitung 38 zum Sternkoppler 34 und schließlich über die Verbindungsleitung 39 zum Sternkoppler 35 geführt. Sämtliche Sternkoppler und damit Teilnehmer des Rechnernetzes haben bei ordnungsgemäßem Betrieb derselben daher Zugriff zu den Daten. Ist dagegen eine Verbindungsleitung, beispielsweise die Verbindungsleitung 37, unterbrochen (in Fig. 3 durch einen schrägen Doppelstrich 41 dargestellt), gelangt das von dem mit dem Sternkoppler 32 verbundenen Teilnehmer abgesandte Datenpaket über die Verbindungsleitung 36 nur noch an den Sternkoppler 31. Das Rechnernetz ist daher unterbrochen und der Zugriff aller Teilnehmer auf alle Sternkoppler bzw. Datenstationen ist nicht mehr möglich.

Die redundante Verbindungseinrichtung 40 hat bei Auftreten einer Unterbrechung im Rechnernetz die Aufgabe, diese Unterbrechung festzustellen und in Abhängigkeit davon eine redundante Strecke zwischen den Sternkopplern 31 und 35 zu aktivieren bzw. durchzuschalten, so daß auch bei Auftreten einer Unterbrechung 41 in der Verbindungsleitung 37 alle Sternkoppler wieder miteinander in Datenaustausch treten können.

Wie bereits ausgeführt wurde, erkennt die redundante Verbindungseinrichtung 40 eine Unterbrechung im Rechnernetz dadurch, daß innerhalb eines vorgegebenen Zeitraumes nicht gleichzeitig an ihren beiden Anschlüssen, die mit dem Rechnernetz, im vorliegenden Fall mit den Sternkopplern 31 und 35 verbunden sind, Datenpakete auftreten, weil durch die Unterbrechung 41 in der Verbindungsleitung 37 Daten nur an den Sternkoppler 31, nicht aber an den Sternkoppler 35 gelangen. Dadurch wird die redundante Verbindungseinrichtung 40 aktiviert, d. h. die redundante Verbindungsstrecke 42 wird durchgeschaltet. Das Netzwerk hat sich somit wieder vollständig rekonfiguriert und alle Teilnehmer sind wieder erreichbar.

Der analoge Vorgang läuft ab, wenn beispielsweise Daten über den Sternkoppler 34 eingespeist werden, die auf Grund der Unterbrechung 41 nur an den Sternkoppler 35, jedoch nicht an den Sternkoppler 31 gelangen.

Ist die Verbindungsleitung 37 nach einer vorausgegangen Unterbrechung wieder leitend, gelangen von beiden Seiten her Datensignale an die redundante Verbindungseinrichtung 40, die in Abhängigkeit davon deaktiviert wird, d. h. die redundante Verbindungsstrecke 42 wird unterbrochen bzw. außer Funktion gesetzt. Würde dies nicht erfolgen, so könnten Datenpakete in einem geschlossenen Ring umlaufen, was nach dem CSMA/CD-Verfahren den Zugriff auf das Rechnernetz unmöglich machen würde.

Die redundante Verbindungseinrichtung 40 kann gemäß dem in Fig. 4 schematisch dargestellten Ausführungsbeispiel aus redundanten als Teil der Sternkoppler 31 und 35 ausgebildeten Interface-Karten 43, 44 und einer diese verbindenden redundanten Verbindungsstrecke 45, 46 bestehen. In den redundanten Interface-Karten 43, 44 erfolgt die Prüfung der über die redundante Verbindungsstrecke 45, 46 empfangenen Signale, ob am Sender der redundanten Interface-Karten 43, 44 das gleiche Datenpaket über die eigentliche Vernetzungs-

leitung angekommen ist. Weil die gesamte Laufzeit des Datenpakets durch das Rechnernetz bei Verwendung des CSMA/CD-Zugriffsverfahrens — wie bereits ausgeführt — immer kürzer als die halbe Paketlänge ist, sendet und empfängt die redundante Interface-Karte 43 bzw. 44, also immer gleichzeitig während eines Datenpakets für den Fall, daß im Rechnernetz keine Unterbrechung auftritt. Wenn eine Unterbrechung 41 vorliegt, tritt das Datenpaket nur am Sternkoppler 31 auf und wird über die redundante Verbindungsstrecke 45, 46 zur redundanten Interface-Karte 44 geleitet, die im Sternkoppler 35 vorgesehen ist. Auf Grund der Unterbrechung 41 wird jedoch nicht gleichzeitig ein Datenpaket vom Sternkoppler 35 zur Interface-Karte 43 des Sternkopplers 31 gesendet. Diese Information des nicht gleichzeitigen Auftretens der Datenpakete an beiden Anschlüssen der redundanten Verbindungseinrichtung 40, wird dazu ausgenutzt, die Segmentierung der Empfänger der redundanten Interface-Karten 43, 44 aufzuheben und die redundante Verbindungsstrecke 45, 46 zwischen dem Sternkoppler 31 und dem Sternkoppler 35 durchzuschalten.

Ist die zuvor unterbrochene Leitung 37 des Rechnernetzes wieder geschlossen worden, so entsteht ein in beiden Umlaufrichtungen geschlossener Verbindungsring im Rechnernetz. Die redundanten Interface-Karten 43, 44 umfassen Schaltungsteile, die feststellen, wenn der Ring geschlossen ist. Tritt dieser Zustand auf, gehen die redundanten Interface-Karten 43, 44 in den segmentierten Zustand über, d. h. die Daten werden nach wie vor über die redundante Verbindungsstrecke 45 bzw. 46 gesendet, die jeweiligen Empfänger der redundanten Interface-Karten geben die Daten jedoch nicht weiter, da die Karte sich im segmentierten Zustand befindet. Der Ausgangszustand ist damit wieder hergestellt.

Fig. 5 zeigt eine schematische Schaltungsanordnung, mit der die Interface-Karte erkennen kann, daß im Rechnernetz eine geschlossene Ringverbindung existiert.

Über einen Empfänger 51 gelangen die Empfangsdaten an einen Watch-Dog-Timer 52, eine Fragment-Erkennungsschaltung 53 und eine Kollisions-Erkennungsschaltung 54. Der Kollisions-Erkennungsschaltung 54 werden weiterhin die Sendedaten der redundanten Interface-Karte zugeleitet, die andererseits über den Sender 55 in Richtung des Sternkopplers gesendet werden, von dem der Empfänger 51 seine Empfangsdaten erhält.

Im Empfangsdaten-Signalweg liegt ein Schalter 56, dessen Ausgang mit der Verteilebene des Sternkopplers verbunden ist. Die Ausgangssignale der Fragment-Erkennungsschaltung 53 und der Kollisions-Erkennungsschaltung 54 gelangen an einen Fehlerzähler 57. Das Ausgangssignal der Kollisions-Erkennungsschaltung 54 wird weiterhin einer Kollisionsdauer-Erkennungsschaltung 58 zugeleitet. Die Ausgänge des Watch-Dog-Timers 52, der Fehlerzählschaltung 57 und der Kollisionsdauer-Erkennungsschaltung 58 sind mit den Eingängen eines ODER-Glieds 59 verbunden, dessen Ausgangssignal den Schalter 56 in den nicht leitenden Zustand versetzt. Ein Ausgangssignal einer Schaltungslogik aufweisenden Freigabeschaltung 60, deren erster Eingang mit dem Ausgang des Empfängers 51 und deren zweiter Eingang mit dem Eingang des Senders 55 verbunden ist, versetzt den Schalter 56 in den leitenden Zustand.

Der Watch-Dog-Timer 52 überwacht die Dauer des empfangenen Datensignals bzw. Datenpakets. Überschreitet die Paketlänge einen vorgegebenen Schwell-

wert, gibt der Watch-Dog-Timer 52 ein Ausgangssignal an das ODER-Glied 59 ab, so daß der Schalter 56 in den nicht-leitenden Zustand geschaltet wird. Der für den Watch-Dog-Timer 52 vorgesehene Schwellwert für die empfangene Paketlänge ist größer gewählt als die größte zulässige Paketlänge. Wie bereits ausgeführt wurde, ist die Tatsache dafür, daß eine auftretende Paketlänge größer als die größte zulässige Paketlänge ist, ein Hinweis darauf, daß eine Ringverbindung im Rechnernetz vorliegt. Durch diese Feststellung mittels des Watch-Dog-Timers 52 wird die redundante Interface-Karte in den segmentierten Zustand gebracht und auf diese Weise ein geschlossener Verbindungsring unterbrochen.

Die Fragment-Erkennungsschaltung 53 hat die Aufgabe, Paketfragmente zu erkennen. Durch Kollisionen, fehlerhaft am Netz angeschlossene Datenstationen oder sonstige Störungen können Paketfragmente entstehen, deren Dauer kleiner als die kleinste zulässige Paketdauer ist. Im Falle des CSMA/CD-Zugriffsverfahrens ist diese kleinste zulässige Paketdauer $51,2 \mu\text{s}$ (was 64 Bytes entspricht). Je nach der Dauer dieses Datenpaket-Fragments und den Laufzeiten in einem geschlossenen Verbindungsring kann das Datensignal-Fragment den Send- und Empfangskanal einer redundanten Interface-Karte zeitversetzt, d. h. nicht überlappend, passieren. Dadurch ist es der redundanten Interface-Karte nicht möglich, zu erkennen, ob ein geschlossener Verbindungsring vorliegt.

Die Fragment-Erkennungsschaltung 53 stellt nun die Dauer eines empfangenen Datenpakets fest. Unterschreitet die festgestellte Dauer des empfangenen Pakets die Dauer des kleinsten zulässigen Datenpakets — bei Verwendung des CSMA/CD-Zugriffsverfahrens sind dies $51,2 \mu\text{s}$ — wird ein Zählimpuls für die Fehlerzählschaltung 57 erzeugt. Überschreitet der Stand der Fehlerzählschaltung 57 einen vorgegebenen, wählbaren Wert, gibt diese ein Ausgangssignal ab, das den Schalter 56 über das ODER-Glied 59 erreicht und ihn in den nicht-leitenden Zustand versetzt, so daß die redundante Interface-Karte segmentiert ist.

Die Fragment-Erkennungsschaltung 53 ermöglicht also das Unterbrechen eines geschlossenen Verbindungsringes auch mit Datenpaket-Fragmenten.

Beim CSMA/CD-Zugriffsverfahren brechen die an einer Kollision beteiligten Datenstationen bei ungestörtem Betrieb des Rechnernetzes ihren Sendeversuch ab, sobald sie die Kollision erkannt haben. Da für das CSMA/CD-Zugriffsverfahren die Bedingung gilt, daß die maximale Laufzeit zwischen zwei Teilnehmern nicht größer als die Hälfte der kleinsten zulässigen Paketlänge sein darf, um im gesamten Rechnernetz einen Mehrfachzugriff erkennen zu können, und da die kleinste zulässige Paketlänge 64 Bytes entsprechend $51,2 \mu\text{s}$ ist, kann die Kollisionsdauer ca. $25 \mu\text{s}$ nicht überschreiten. Liegt jedoch ein Verbindungsring im Rechnernetz vor, können Datenpakete gegenläufig umlaufen, so daß Kollisionsdauern entstehen, die über $25 \mu\text{s}$ liegen. Überschreitet die Dauer der Kollision also einen derartigen Grenzwert, gibt die Kollisionsdauer-Erkennung 58 ein Ausgangssignal ab, das wiederum den Schalter 56 in den nicht leitenden Zustand versetzt. Die redundante Interface-Karte wird segmentiert und der geschlossene Verbindungsring unterbrochen.

Die Kollisions-Erkennungsschaltung 54 ist dafür vorgesehen, das gleichzeitige Senden und Empfangen von Daten zu ermitteln. Jede Kollision bewirkt in der Fehlerzählschaltung 57 einen Weiterzählimpuls. Überschreitet der Stand der Fehlerzählschaltung 57 einen

vorgegebenen, einstellbaren Wert, gibt diese ebenfalls ein Ausgangssignal ab, das den Schalter 56 in den nicht leitenden Zustand versetzt. Wiederum wird die redundante Interface-Karte 43 bzw. 44 segmentiert und der geschlossene Verbindungsring unterbrochen.

Bei der in Fig. 5 dargestellten Ausführungsform sind also drei Kriterien vorgesehen, die alternativ die Segmentierung der redundanten Interface-Karte 43 bzw. 44 bewirken. Es ist jedoch auch möglich, weitere Kriterien für das Unterbrechen eines geschlossenen Verbindungsringes vorzusehen. Die Freigabeschaltung 60 hebt diese Segmentierung auf, wenn ein Datenpaket von mindestens $51,2 \mu\text{s}$ Dauer kollisionsfrei empfangen oder gesendet wurde.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Sicherung der Datenübertragung in einem linearen Rechnernetz mit CSMA/CD- (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection) -Zugriffsverfahren, bei dem das Auftreten einer Unterbrechung im Rechnernetz ermittelt und in Abhängigkeit davon eine redundante Verbindungseinrichtung aktiviert wird, dadurch gekennzeichnet, daß die redundante Verbindungseinrichtung prüft, ob an ihren beiden mit dem Rechnernetz verbundenen Anschlüssen ein übertragenes Datensignal innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums gleichzeitig auftritt und abhängig von dem Ergebnis der Prüfung die redundante Verbindungseinrichtung entweder aktiviert oder deaktiviert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die redundante Verbindungseinrichtung aktiviert wird, wenn an ihren beiden Anschlüssen ein Datensignal innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums nicht gleichzeitig auftritt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die redundante Verbindungseinrichtung deaktiviert wird, wenn an ihren beiden Anschlüssen ein Datensignal innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums gleichzeitig auftritt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der vorgegebene Zeitraum größer als der größte Laufzeitversatz eines Datensignals im Rechnernetz ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der vorgegebene Zeitraum größer als die Zeitdauer ist, die der Hälfte der kleinsten zulässigen Paketlänge entspricht.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die redundante Verbindungseinrichtung prüft, ob ein Datensignal länger als die dem größten zulässigen Datenpaket entsprechende Zeitdauer ist.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die redundante Verbindungseinrichtung deaktiviert wird, wenn ein Datensignal länger als die dem größten zulässigen Datenpaket entsprechende Zeitdauer ist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die redundante Verbindungseinrichtung ermittelt, ob ein Datensignal kürzer als die dem kleinsten zulässigen Datenpaket entsprechende Zeitdauer ist.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die redundante Verbindungseinrichtung deaktiviert wird, wenn eine vorgegebene Anzahl an Datensignalen auftritt, die kürzer als die

dem kleinsten zulässigen Datenpaket entsprechenden Zeitdauer ist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die vorgegebene Anzahl an Datensignalen einstellbar ist.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die redundante Verbindungseinrichtung ermittelt, ob im Rechnernetz gleichzeitig ein Datensignal-Sende- und ein Datensignal-Empfangsvorgang vorliegt.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die redundante Verbindungseinrichtung deaktiviert wird, wenn eine vorgegebene Anzahl an gleichzeitigen Datensignal-Sende- und -Empfangsvorgängen vorliegt.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die redundante Verbindungseinrichtung ermittelt, ob die Dauer gleichzeitig auftretender Datensignal-Sende- und -Empfangsvorgänge größer als ein vorgegebener Zeitraum ist.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die redundante Verbindungseinrichtung deaktiviert wird, wenn die Dauer der gleichzeitig auftretenden Datensignal-Sende- und -Empfangsvorgänge größer als der vorgegebene Zeitraum ist.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß der vorgegebene Zeitraum kleiner oder gleich der halben Dauer des kleinsten zulässigen Datenpakets ist.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der vorgegebene Zeitraum kleiner als 25,2 µs ist.

17. Anordnung zur Sicherung der Datenübertragung in einem linearen Rechnernetz mit einer redundanten Verbindungseinrichtung (40) zur Durchführung des Verfahrens nach wenigstens einem der Ansprüche 1 – 16, dadurch gekennzeichnet, daß die redundante Verbindungseinrichtung (40) Schaltungselemente aufweist, die prüfen, ob an den beiden mit dem Rechnernetz verbundenen Anschlüssen der Verbindungseinrichtung (40) ein übertragene Datensignal innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums gleichzeitig auftritt, und daß eine Aktivierungsschaltung vorgesehen ist, die die redundante Verbindungseinrichtung (40) in Abhängigkeit vom Ergebnis der Prüfung entweder aktiviert oder deaktiviert.

18. Anordnung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die redundante Verbindungseinrichtung (40) in den inaktiven Zustand umschaltet, wenn sie keine Unterbrechung ermittelt.

19. Anordnung nach Anspruch 17 und 18, dadurch gekennzeichnet, daß die redundante Verbindungseinrichtung (40) zwischen zwei Knotenpunkten (31, 35) eines Rechnernetzes vorgesehen ist.

20. Anordnung nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die redundante Verbindungseinrichtung (40) durch zwei redundante Interface-Karten (43, 44) mit einer diese verbindenden redundanten Verbindungsstrecke (45, 46) gebildet ist.

21. Anordnung nach einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweilige redundante Interface-Karte (43, 44) bei Aktivierung der redundanten Verbindungseinrichtung (40) in den segmentierten Zustand und bei Deaktivierung der

redundanten Verbindungseinrichtung (40) in den nicht-segmentierten Zustand versetzt ist.

22. Anordnung nach einem der Ansprüche 17 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die redundante Verbindungseinrichtung (40) einen Watch-Dog-Timer (52) aufweist, der die Dauer eines empfangenen und/oder gesendeten Datensignals feststellt.

23. Anordnung nach einem der Ansprüche 17 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die redundante Verbindungseinrichtung (40) eine Fragment-Erkennungsschaltung (53) aufweist, die Datensignale feststellt, deren Dauer kleiner als die kleinste zulässige Datensignallänge ist.

24. Anordnung nach einem der Ansprüche 17 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die redundante Verbindungseinrichtung (40) eine Kollisions-Erkennungsschaltung (54) aufweist, die einen Mehrfachzugriff der Rechner und/oder Rechnernetzwerke auf das Rechnernetz ermittelt.

25. Anordnung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die redundante Verbindungseinrichtung (40) eine Kollisionsdauer-Erkennungsschaltung (58) aufweist, die die Dauer der Kollision ermittelt.

26. Anordnung nach einem der Ansprüche 17 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß die redundante Verbindungseinrichtung (40) eine Freigabeschaltung (60) aufweist.

27. Anordnung nach einem der Ansprüche 17 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß die redundante Verbindungseinrichtung an einer beliebigen Stelle des Rechnernetzes vorgesehen ist.

28. Anordnung nach einem der Ansprüche 17 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei redundante Verbindungseinrichtungen in einem Rechnernetz vorgesehen sind.

29. Anordnung nach einem der Ansprüche 17 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß ein Hauptverbindungsweg der Verbindungseinrichtung zur Aktivierung bzw. Deaktivierung derselben in den leitenden bzw. in den nicht-leitenden Zustand versetzt ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

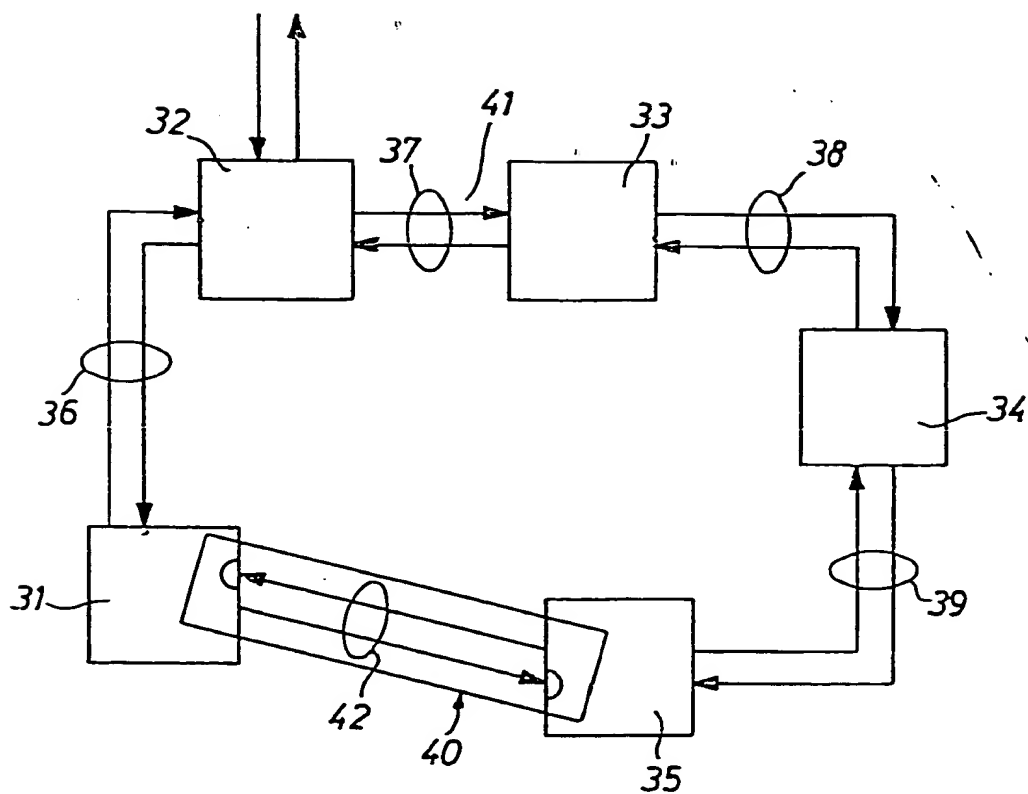


Fig. 3

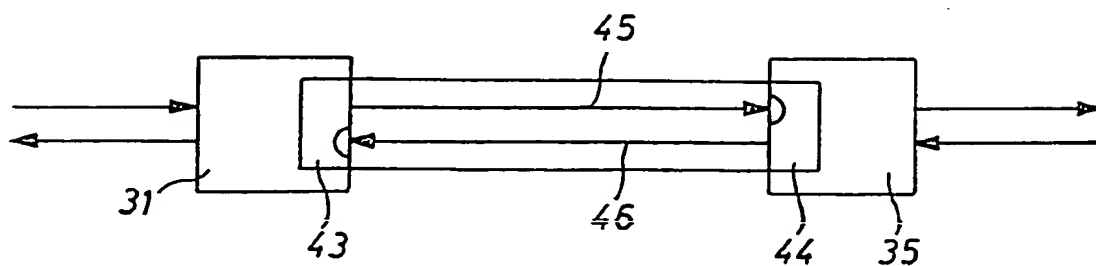


Fig. 4

